
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2011/2012 Academic Session

January 2012

EAS 253/3 – Theory of Structures [*Teori Struktur*]

Duration : 3 hours
[*Masa : 3 jam*]

Please check that this examination paper consists of **SIXTEEN (16)** pages of printed material including appendix before you begin the examination.

[*Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **ENAMBELAS (16)** muka surat yang bercetak termasuk lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.*]

Instructions : This paper contains **SEVEN (7)** questions. Answer **THREE (3)** compulsory questions in Part A and any **TWO (2)** questions in Part B.

[**Arahan** : Kertas ini mengandungi **TUJUH (7)** soalan. Jawab **TIGA (3)** soalan wajib di Bahagian A dan mana-mana **DUA (2)** soalan di Bahagian B].

You may answer the question either in Bahasa Malaysia or English.

[*Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris*].

All questions **MUST BE** answered on a new page.

[*Semua soalan **MESTILAH** dijawab pada muka surat baru*].

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[*Sekiranya terdapat percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai*].

PART A : Answer all THREE (3) questions

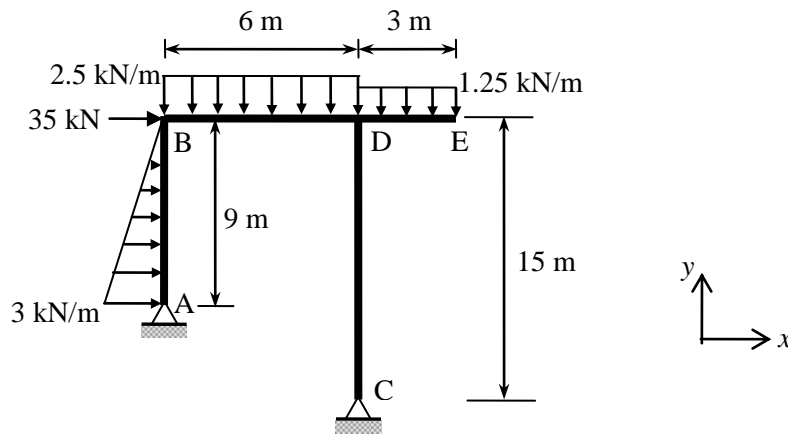


Figure 1

1. The frame shown in **Figure 1** is pinned supported at A and C. It is subjected to a linearly varying load along vertical member AB from 3 kN/m at A to 0 kN/m at B, a uniformly distributed load of 2.5 kN/m along horizontal member BD, a uniformly distributed load of 1.25 kN/m along horizontal member DE and a point load of 35 kN at joint B.
 - (a) Sketch the free body diagram of the frame and show that the frame is statically indeterminate with degree of statical indeterminacy of 1.

[3 marks]
 - (b) If horizontal translation in x -direction is permitted by converting support C from pinned type to roller type, show that the frame becomes statically determinate.

[2 marks]
 - (c) For the frame problem with pinned support at A and roller support at C as mentioned in (b) under the same loading condition as shown in **Figure 1**,
 - (i) Draw the corresponding shear force and bending moment diagrams
 - (ii) Evaluate the axial force in vertical member CD
 - (iii) Sketch the qualitative deflected shape

[15 marks]

2. (a) Explain briefly **THREE (3)** reasons why deflection is an important quantity to be calculated in structural analysis and design.

[6 marks]

- (b) Write the differential equation for the deflection of beams which is derived from elastic beam theory. Derivation of the equation is **NOT** needed. State all notations used in the equation.

[2 marks]

- (c) Calculate the slope and deflection at point D for the beam in **Figure 2**. The variation of the second moment of area of the beam is as shown. Use either moment-area method or conjugate-beam method. Take $E = 200 \text{ GPa}$ and $I = 600(10^6) \text{ mm}^4$.

[12 marks]

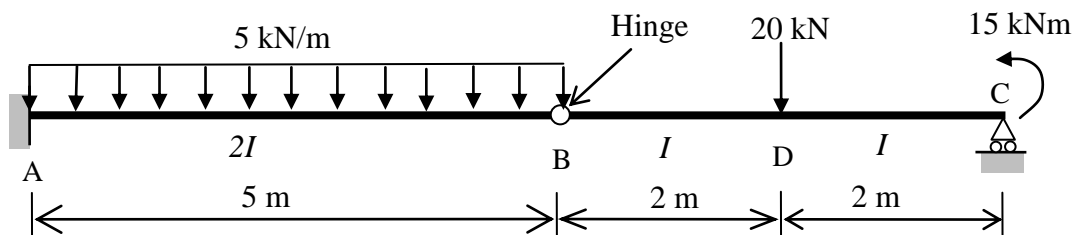


Figure 2

3. (a) **Figure 3** shows a plane truss. Check for the statical determinacy of the truss. All support and member connections are pinned. Find the reactions at supports F and G. Identify any zero force members, if any. Determine forces in members AB, AC and CD by using joint method and members DG, EG and CF by using section method for the truss shown in **Figure 3**. Classify whether they are in tension or compression.

[16 marks]



- [4 marks]



PART B : Answer any TWO (2) questions

4. (a) State **TWO (2)** characteristics of cables.

[2 marks]

- (b) The 60 m cable shown in **Figure 5** is loaded with point loads at C, D and E. Supports A and B are pinned. Assuming that self weight of the cable is negligible, determine:

- (i) Support reactions at A and B

[3 marks]

- (ii) Tension forces in segments AC, CD, DE and EB

[8 marks]

- (iii) Total length of cable, S

[2 marks]

- (iv) Tension forces at supports A and B (T_A dan T_B)

[3 marks]

- (v) Minimum size of the cable, if the allowable stress is 16000 kN/m^2 .

[2 marks]

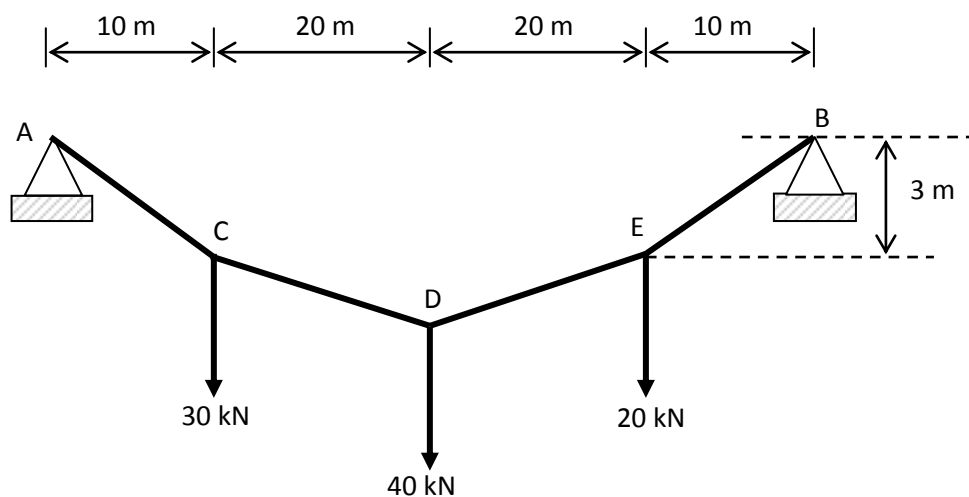


Figure 5

5. (a) State the main difference between arch structures and cable structures.

[2 marks]

- (b) An unsymmetrical three pinned arch in the form of $y = \frac{4hx(L-x)}{L^2}$ is shown in

Figure 6. Supports A and E as well as joint C are hinged. It is designed to carry a uniformly distributed load of 20 kN/m from support A to E and a point load of 100 kN and 80 kN at points B and D, respectively. A horizontal point load of 20 kN is applied at point B.

Determine:

- (i) support reactions at A and E.

[10 marks]

- (ii) bending moment at B and D. Sketch the bending moment diagram of the arch.

[4 marks]

- (iv) shear force, Q and thrust, N at point D (with loading)

[4 marks]

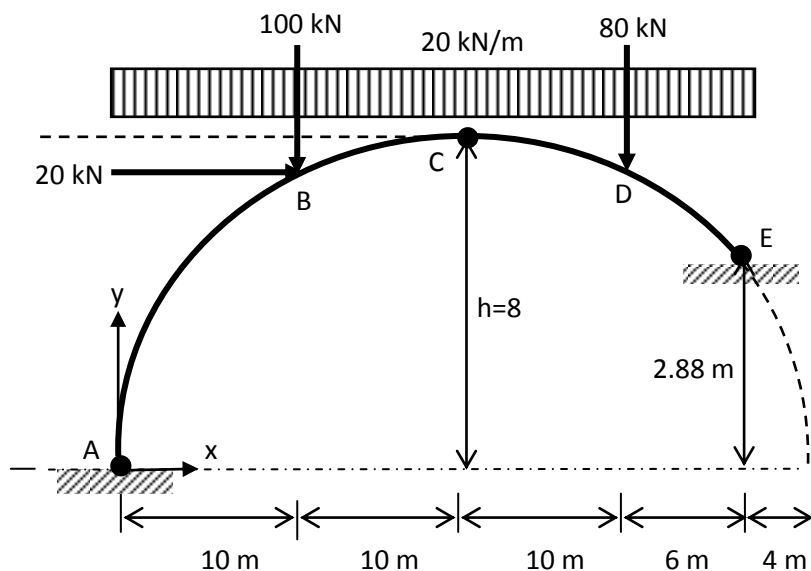


Figure 6

6. (a) **Figure 7** shows the sequence of construction of a 3-span bridge. Show that the structure has been changed from one which is statically determinate (in **Stage II**) to one which is statically indeterminate with degree of static indeterminacy equal to TWO (2) (in **Stage III**).

[3 marks]

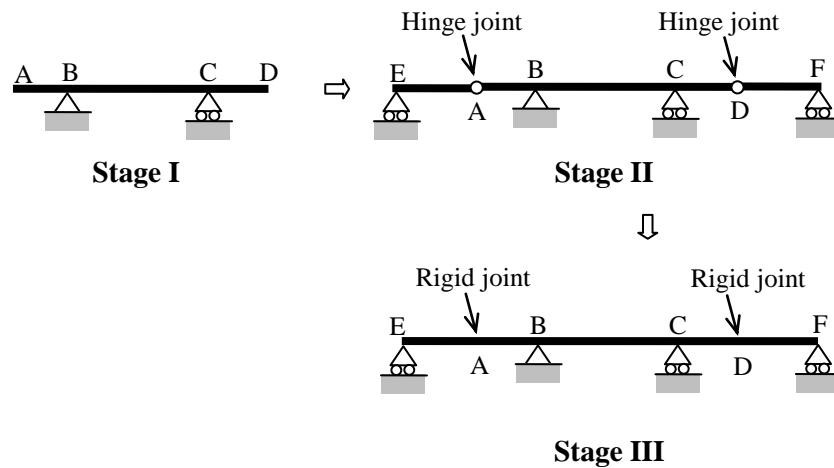


Figure 7

- (b) **Figure 8** shows the analysis model for the structure in **Stage II** of **Figure 7**.
- Draw the shear force and bending moment diagrams
 - Sketch the qualitative deflected shape
 - If a concentrated moment acts at the mid-span of BC of the structure in **Figure 8**, show using appropriate free body diagrams that reactions at support E and support F will not be affected.

[17 marks]

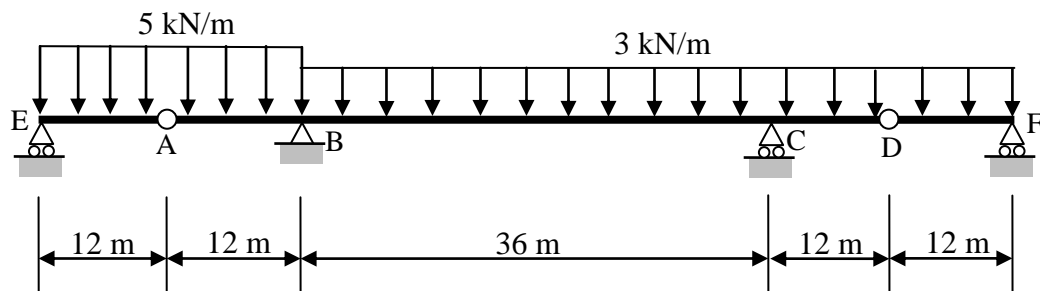


Figure 8

7. (a) The variation of shear force and bending moment for a structure which is subjected to a moving load can be described using influence lines. Explain what influence lines are and how they are different from shear force and bending moment diagrams.

[4 marks]

- (b) **Figure 9** shows a beam which is constructed to allow a moving truck to travel on it. Draw the influence lines for:

- (i) the vertical reaction forces at supports A and B,
- (ii) the shear force at point D,
- (iii) the bending moment at point D.

Next, determine the maximum values of the reaction forces at supports A and B, shear force and bending moment at point D when a truck moves from point C to point A.

[16 marks]

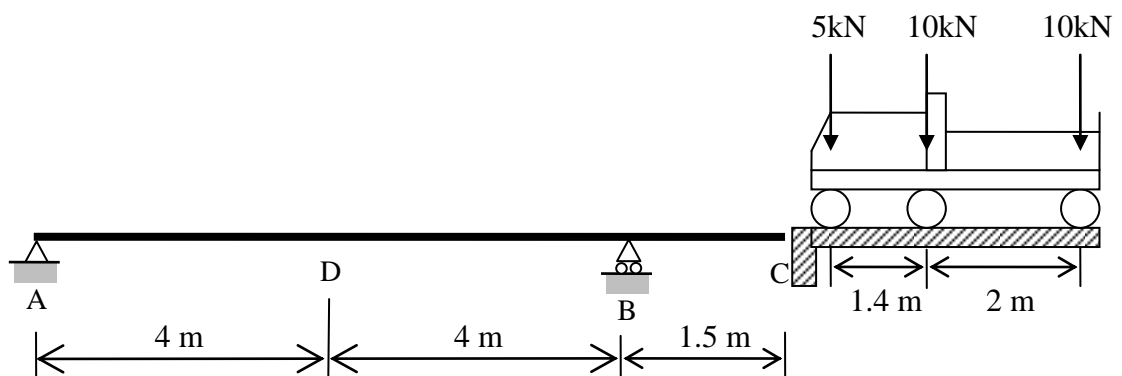
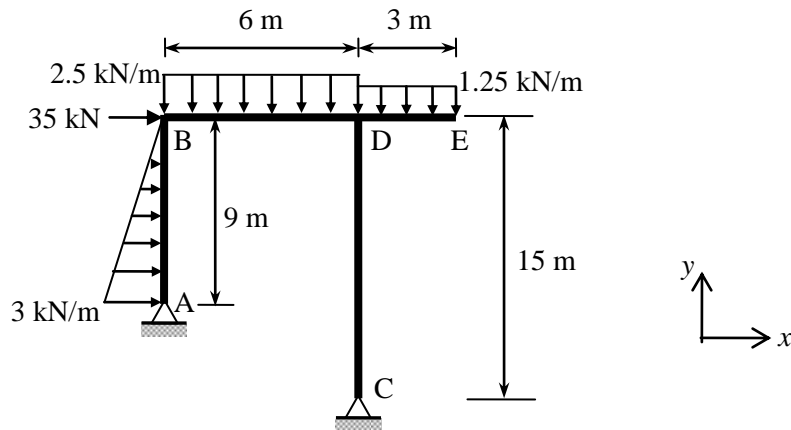


Figure 9

Bahagian A : Jawab SEMUA soalan



Rajah 1

1. Struktur kerangka dalam **Rajah 1** disokong dengan penyokong pin di A dan C. Kerangka berkenaan dikenakan satu beban teragih secara lurus di sepanjang anggota AB dari 3 kN/m di A ke 0 kN/m di B, satu beban teragih seragam 2.5 kN/m di sepanjang anggota ufuk BD, satu beban teragih seragam 1.25 kN/m di sepanjang anggota ufuk DE dan satu beban tertumpu 35 kN di sambungan B.
 - (a) Lukiskan gambarajah jasad bebas untuk kerangka berkenaan dan tunjukkan bahawa kerangka tersebut adalah struktur tidak-bolehtentu statik dengan darjah ketidakbolehtentuan sama dengan 1.

[3 markah]
 - (b) Sekiranya anjakan ufuk dalam arah x di penyokong C dibenarkan dengan menukar penyokong C dari jenis pin kepada penyokong jenis rola, tunjukkan bahawa kerangka berkaitan akan bertukar menjadi struktur bolehtentu statik.

[2 markah]
 - (c) Untuk kerangka dengan penyokong pin di A dan penyokong rola di C seperti yang diterangkan dalam (b) di bawah keadaan beban yang sama seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 1**,
 - (i) Lukiskan gambarajah daya ricih dan momen lentur
 - (ii) Tentukan daya paksi dalam anggota pugak CD
 - (iii) Lakarkan bentuk pesongan kualitatif

[15 markah]

2. (a) *Jelaskan secara ringkas **TIGA (3)** sebab pesongan merupakan satu kuantiti yang penting untuk dikira dalam analisis dan rekabentuk struktur.*

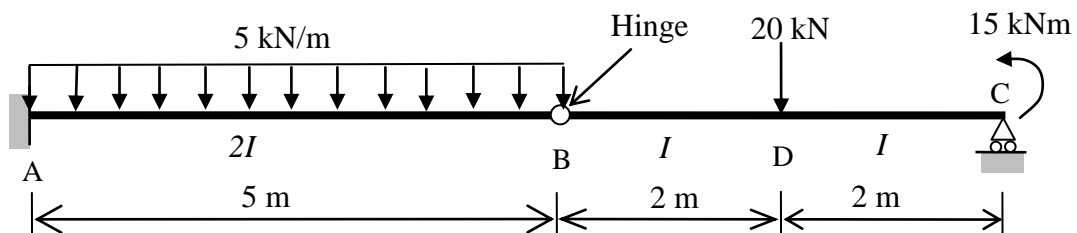
[6 markah]

- (b) *Tulis persamaan kebezaan untuk pesongan bagi rasuk yang diterbitkan daripada teori rasuk anjal. Penerbitan untuk persamaan tersebut adalah **TIDAK** diperlukan. Nyatakan semua tatatanda yang digunakan dalam persamaan tersebut.*

[2 markah]

- (c) *Kira putaran dan pesongan di titik D untuk rasuk yang diberikan dalam **Rajah 2**. Perubahan momen luas kedua adalah seperti yang ditunjukkan. Guna sama ada kaedah momen luas atau kaedah rasuk konjugat. Guna $E = 200 \text{ GPa}$ dan $I = 600(10^6) \text{ mm}^4$.*

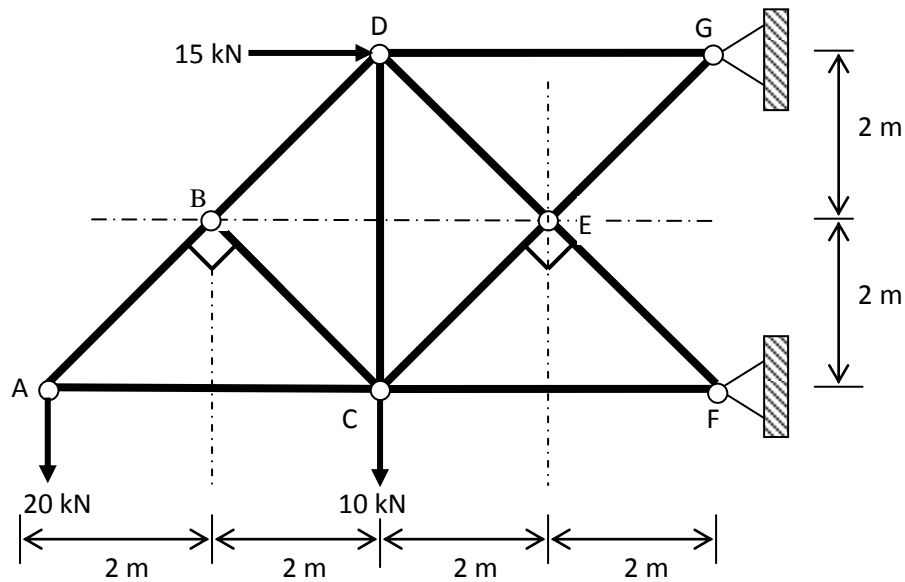
[12 markah]



Rajah 2

3. (a) ***Rajah 3** menunjukkan satu kekuda satah. Semak kebolehtentuan statik kekuda berkenaan. Semua penyokong dan sambungan adalah pin. Kira nilai daya tindakbalas di penyokong F dan G. Kenalpasti anggota kekuda yang mungkin mempunyai daya sifar, sekiranya ada. Kira daya dalam anggota AB, AC dan CD menggunakan kaedah sambungan dan anggota DG, EG dan CF menggunakan kaedah keratan bagi kekuda dalam **Rajah 3**. Nyatakan sama ada anggota tersebut mengalami daya mampatan atau tegangan.*

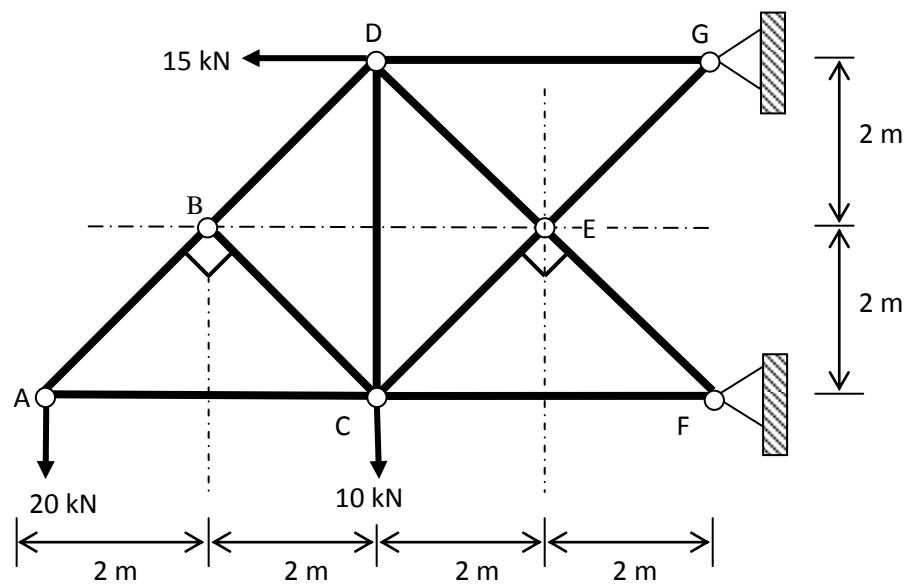
[16 markah]



Rajah 3

- (b) Sekiranya daya di D sebanyak 15kN dalam **Rajah 3** bertindak ke arah kiri seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 4**. Kenalpasti anggota yang manakah akan mengalami perubahan dalam daya anggota berbanding dengan bahagian (a). Kira nilai baru daya dalam anggota kuda tersebut dalam **Rajah 4**. Nyatakan sama ada anggota tersebut mengalami daya mampatan atau tegangan.

[4 markah]



Rajah 4

BAHAGIAN B : Jawab mana-mana DUA (2) soalan

4. (a) Nyatakan **DUA** (2) ciri kabel .

[2 markah]

- (b) Satu sistem kabel sepanjang 60 m seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 5**, menanggung beban tumpu. Penyokong A dan B ialah pin. Dengan menganggap bahawa berat sendiri kabel boleh diabaikan, kira:

- (i) Daya tindakbalas di penyokong A dan B.

[3 markah]

- (ii) Daya tegangan untuk segmen AC, CD, DE dan EB.

[8 markah]

- (iii) Panjang keseluruhan kabel, S

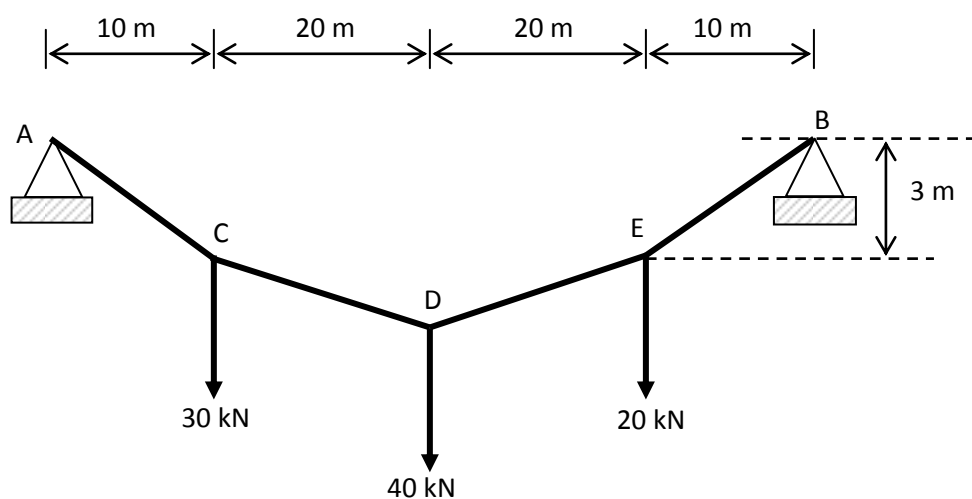
[2 markah]

- (iv) Nilai daya tegangan di penyokong A dan B (T_A dan T_B)

[3 markah]

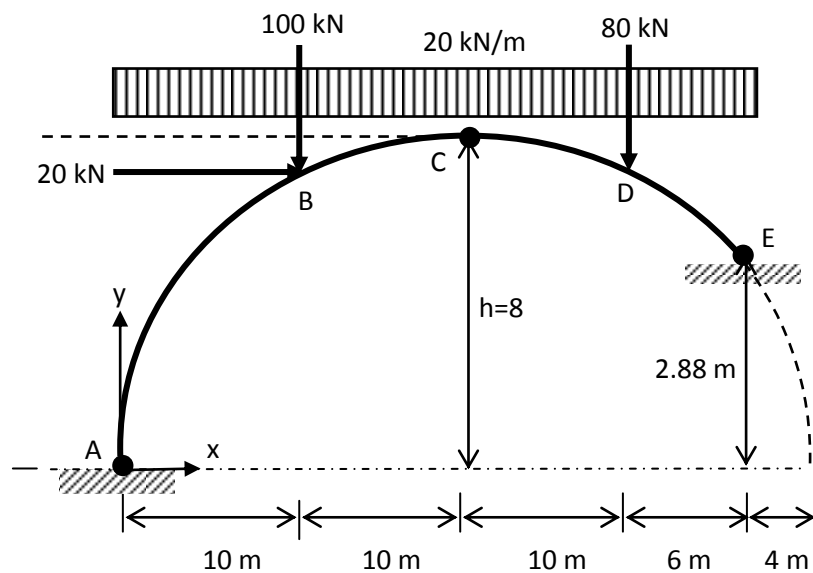
- (v) Saiz minima kabel yang diperlukan sekiranya tegasan dibenarkan untuk kabel tersebut ialah 16000 kN/m^2 .

[2 markah]



Rajah 5

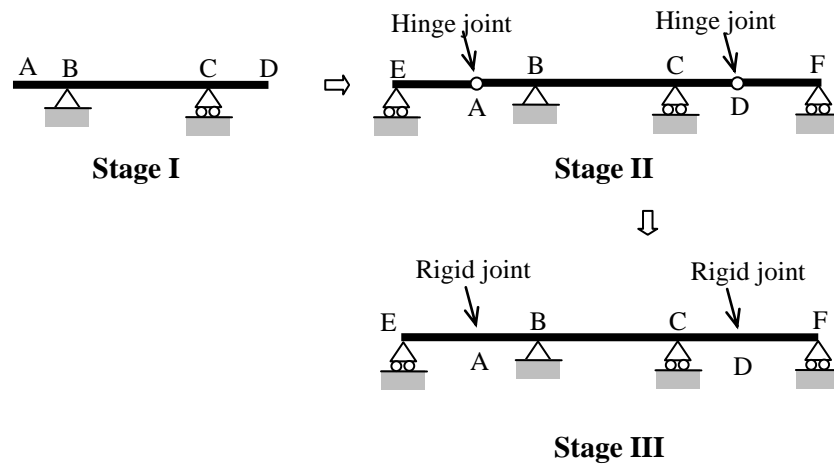
5. (a) Nyatakan perbezaan utama antara struktur gerbang dan struktur kabel. [2 markah]
- (b) Gerbang tiga engsel tidak simetri dibentuk dari persamaan $y = \frac{4hx(L-x)}{L^2}$ ditunjukkan seperti dalam **Rajah 6**. Penyokong A dan E dan juga sambungan C adalah engsel. Ia direkabentuk untuk membawa beban teragih seragam sebanyak 20 kN/m dari penyokong A ke E dan beban tumpu 100 kN dan 80 kN di titik B dan D. Beban tumpu mengufuk sebanyak 20 kN dikenakan di titik B. Tentukan:
- (i) daya tindakbalas di penyokong A dan E. [10 markah]
- (ii) momen lentur di titik B dan D. Lakarkan rajah momen lentur untuk gerbang tersebut. [4 markah]
- (iii) daya ricih, Q dan daya paksi N di titik D (dengan beban kenaan) [4 markah]



Rajah 6

6. (a) **Rajah 7** menunjukkan susunan pembinaan untuk satu struktur jambatan dengan tiga-rentang. Tunjukkan bahawa struktur berkenaan telah bertukar dari satu struktur yang boleh tentu statik (dalam **Stage II**) ke satu struktur yang tidak boleh tentu statik dengan darjah ketidakbolehtentuan statik sama dengan DUA(2)(dalam **Stage III**).

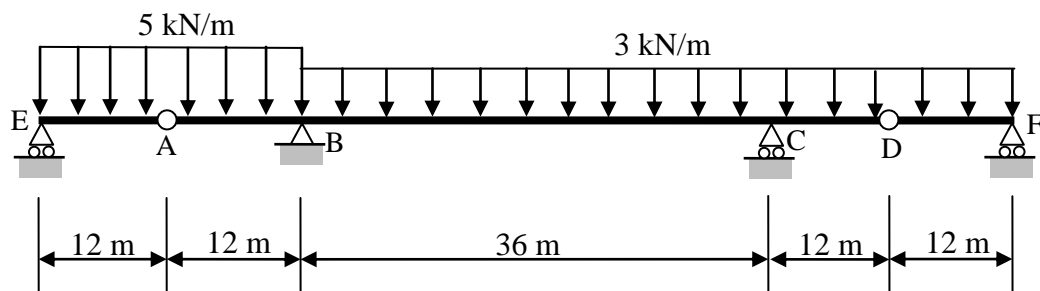
[3 markah]



Rajah 7

- (b) **Rajah 8** menunjukkan model analisa untuk struktur semasa **Stage II** seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 7**.
- Lukiskan gambarajah daya ricih dan gambarajah momen lentur
 - Lakarkan bentuk pesongan kualitatif
 - Sekiranya satu momen tertumpu bertindak di pertengahan rentang BC struktur dalam **Rajah 8**, dengan menggunakan gambarajah jasad bebas yang sesuai, tunjukkan bahawa daya tindakbalas di penyokong E dan F tidak akan dipengaruhi.

[17 markah]



Rajah 8

7. (a) *Perubahan daya ricih dan momen lentur untuk struktur dikenakan beban bergerak boleh dinyatakan dengan garis imbas. Jelaskan apa itu garis imbas dan bagaimana garis imbas berbeza daripada gambarajah daya ricih dan momen lentur.*

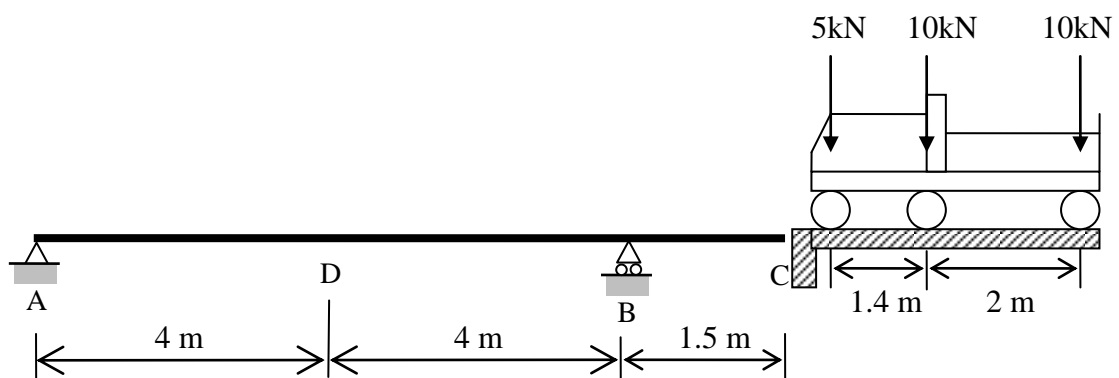
[4 markah]

- (b) **Rajah 9** menunjukkan satu rasuk yang dibina untuk laluan trak. Lakarkan garis imbas untuk:

- (i) *daya tindakbalas menegak di penyokong A dan B,*
- (ii) *daya ricih di titik D,*
- (iii) *momen lentur di titik D.*

Seterusnya, tentukan nilai maksimum untuk daya tindakbalas di penyokong A dan B, daya ricih dan momen lentur di titik D apabila trak bergerak dari titik C ke titik A.

[16 markah]

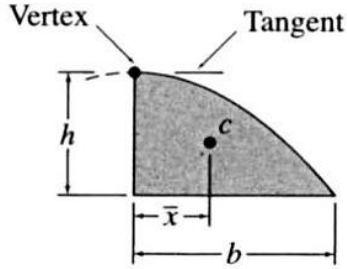
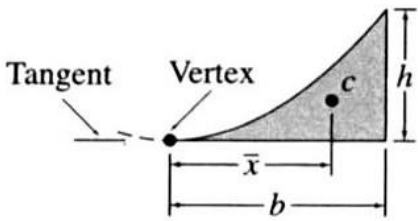
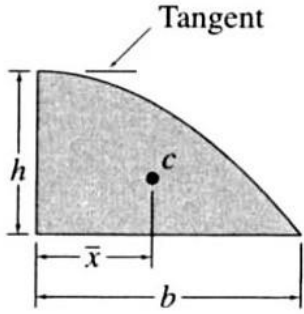
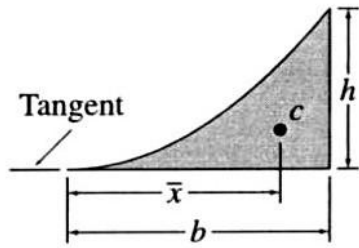


Rajah 9

Appendix 1

Lampiran 1

Areas and Centroids of Geometric Shapes

Shape	Area	Centroid
<p>Semi-parabola</p> 	$A = \frac{2bh}{3}$	$\bar{x} = \frac{3b}{8}$
<p>Parabolic spandrel</p> 	$A = \frac{bh}{3}$	$\bar{x} = \frac{3b}{4}$
<p>Cubic</p> 	$A = \frac{3bh}{4}$	$\bar{x} = \frac{2b}{5}$
<p>Cubic spandrel</p> 	$A = \frac{bh}{4}$	$\bar{x} = \frac{4b}{5}$